

JF 88-45827

- 1 -

(Extracted Translation)

Japanese Laid-Open Patent Application

Laid-Open No.: H8-45827

Laid-Open Date: Feb. 16, 1996

5 **Patent Application No.: H6-195928**

Patent Application Filing Date: July 28, 1994

Applicants: Canon Kabushiki Kaisha

Inventors: M. Yonekawa

=====

10 **Title of the Invention:**

**Projection Exposure Apparatus and
Semiconductor Device Manufacturing Method
using the Same**

15 **Summary:**

[Object] To obtain a projection exposure
apparatus and a semiconductor device manufacturing
method using the same, by which a thermal change
of a lens due to absorption of exposure light is
20 corrected and a high-resolution pattern is
produced.

[Structure] In a projection exposure apparatus
for projecting and photoprinting a pattern formed
on a surface of a first object onto a surface of a
25 second object through a projection optical system,
the apparatus is provided with heating means for
heating in a ring-like fashion a peripheral

- 2 -

JP 88-45827

portion of at least one lens, constituting the
projection optical system, lens temperature
control means for controlling the lens peripheral
portion at a predetermined temperature, gas supply
5 and exhaust means for supplying and exhausting a
gas into and out of plural lens spaces sandwiched
by lenses, constituting the projection optical
system, and gas temperature control means for
controlling the gas at a predetermined temperature,
10 wherein temperature controls through the lens
temperature control means and the gas temperature
control means are associated with each other so
that a predetermined temperature, set beforehand,
is established.

15

(Paragraphs 0026 -0029)

[0026] Figure 3 shows a plan view adjacent the
lens 10 of Figure 1, and particularly it shows a
portion around a gas-flowing lens space by the
20 supply tube 15 and the exhaust tube 16.

[0027] As shown in the drawing, the supply
tube 15 and the exhaust tube 16 are branched
adjacent the lens space. Denoted at 52 is a
barrel having holes for connection of the supply
25 tube 15 and the exhaust tube 16. Also, disposed
at the gas flow inlet (gas supply port) and the
gas exhaust port are punching plates (laminar flow

- 3 -

JP NO-45827

means) 60 - 63 having a hole-area ratio of about 30% - 40%, for controlling the flow of gas inside the lens space into a laminar flow to enable even flow of the cooling gas and collection of the same.

5 [0028] In this embodiment, where the barrel 52 has such structure that a relatively large hole can be formed in the side wall thereof, a structure such as shown in Figure 9 is possible.

[0029] In Figure 9, denoted at 64 is a barrel
10 in that occasion, and denoted at 65 is a supply tube in that occasion. Denoted at 66 is an exhaust tube in that occasion. There are punching plates 67 and 68 at the gas inlet port and gas exhaust port, like Figure 3. With the provision
15 of the laminar flow means such as a punching plate at the gas inlet port and gas exhaust port, for producing a laminar flow, even if particles flow into the lens space or particles are produced inside the lens space, since the gas flow is a
20 laminar flow, the particle can be promptly discharged out of the lens space.

T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010668219 **Image available**

WPI Acc No: 1996-165173/199617

XRAM Acc No: C96-051907

XRPX Acc No: N96-138715

**Projection exposure appts - used for correcting thermal change of lens
caused by absorbing exposed light.**

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8045827	A	19960216	JP 94195928	A	19940728	199617 B

Priority Applications (No Type Date): JP 94195928 A 19940728

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 8045827	A	13	H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 8045827 A

The projection exposure appts comprises a heating stage for heating a periphery of at least one lens constructing a projection optical series, a lens temp controlling stage, an air supplying and exhausting stage which supplies and exhausts an air to and from several spaced between lenses, and an air temp controlling stage.

USE - For correcting the thermal change of a lens caused by absorbing an exposed light, and for obtaining a pattern of high resolution.

Dwg.1/11

Title Terms: PROJECT; EXPOSE; APPARATUS; CORRECT; THERMAL; CHANGE; LENS;
CAUSE; ABSORB; EXPOSE; LIGHT

Derwent Class: G06; L03; P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20

File Segment: CPI; EPI; EngPI

?

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-45827

(43)公開日 平成8年(1996)2月16日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

5 2 1

H 0 1 L 21/ 30

5 1 6 A

5 1 6 E

審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平6-195928

(22)出願日

平成6年(1994)7月28日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 米川 雅見

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

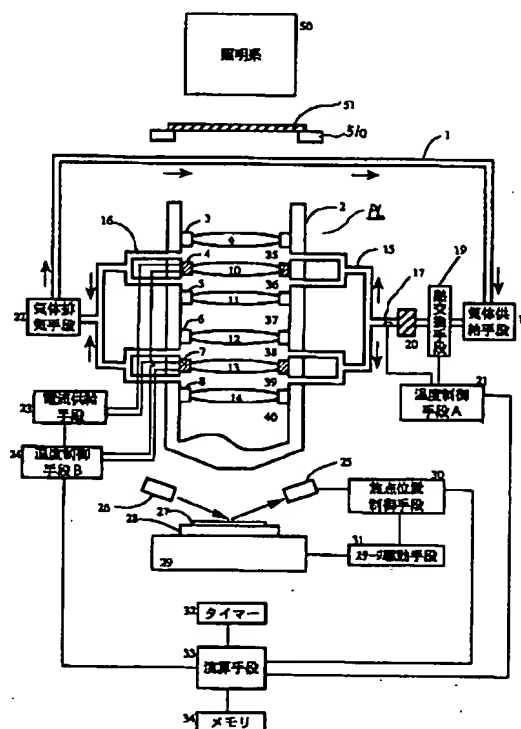
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法

(57)【要約】

【目的】 露光光の吸収によるレンズの熱的変化を補正し、高解像度のパターンが得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法を得ること。

【構成】 第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影露光する投影露光装置において該投影光学系を構成する少なくとも1つのレンズ周辺部をリング状に加熱する加熱手段、該レンズ周辺部が所定温度となるように制御するレンズ温度制御手段、該投影光学系を構成するレンズに挟まれている複数のレンズ空間に気体を供給及び排気させる気体供給排気手段、そして該気体が所定温度となるように制御する気体温度制御手段とを設け、該レンズ温度制御手段と該気体温度制御手段による温度制御を予め設定した所定温度となるように連動して作動させたこと。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影露光する投影露光装置において該投影光学系を構成する少なくとも1つのレンズ周辺部をリング状に加熱する加熱手段、該レンズ周辺部が所定温度となるように制御するレンズ温度制御手段、該投影光学系を構成するレンズに挟まれている複数のレンズ空間に気体を供給及び排気させる気体供給排気手段、そして該気体が所定温度となるように制御する気体温度制御手段とを設け、該レンズ温度制御手段と該気体温度制御手段による温度制御を予め設定した所定温度となるように連動して作動させたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給させる気体供給手段と気体を排気させる気体排気手段とをダクトで連結させ、該レンズ空間を介して密閉系内で該気体を循環させていることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項3】 前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給する供給口と気体を排気させる排気口に各々気体の流れを層流にする層流手段を有していることを特徴とする請求項2の投影露光装置。

【請求項4】 前記気体は空気、 N_2 、 CO_2 であることを特徴とする請求項1、2又は3の投影露光装置。

【請求項5】 レチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該投影光学系を構成する少なくとも1つのレンズ周辺部を加熱手段によりリング状に加熱し、このとき該レンズ周辺部が所定温度となるようにレンズ温度制御手段により制御し、該投影光学系を構成するレンズに挟まれている複数のレンズ空間に気体供給排気手段により気体を供給及び排気させ、このとき該気体が所定温度となるように気体温度制御手段により制御する際、該レンズ温度制御手段と該気体温度制御手段による温度制御を予め設定した所定温度となるように連動して作動する工程を利用していることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項6】 前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給させる気体供給手段と気体を排気させる気体排気手段とをダクトで連結させ、該レンズ空間を介して密閉系内で該気体を循環させていることを特徴とする請求項5の半導体デバイスの製造方法。

【請求項7】 前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給する供給口と気体を排気させる排気口に各々気体の流れを層流にする層流手段を有していることを特徴とする請求項6の半導体デバイスの製造方法。

【請求項8】 前記気体は空気、 N_2 、 CO_2 であることを特徴とする請求項5、6又は7の半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法に関し、特にIC、LSI等の半導体素子を製造する際にレチクル面上の電子回路パターンを投影光学系（投影レンズ）によりウエハ面上に投影するとき、該投影光学系を構成するレンズが露光光（露光光エネルギー）を吸収し、該レンズの温度分布が不均一となり光学特性が変化することをレンズ内部の温度分布を制御することにより効果的に防止し、高精度な投影パターン像が得られるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】 従来よりIC、LSI等の半導体素子の電子回路パターンの形成には投影光学系を用いたステップ&リピート方式の縮小型投影露光装置（ステッパ）が多く用いられている。

【0003】 近年、半導体集積回路の集積度の向上にともない、解像度、重ね合わせ精度、スループットの更なる向上が求められている。このうちのうち解像度に影響を与える一要因として投影レンズの像面湾曲がある。又重ね合わせ精度に影響を及ぼす一要因に投影レンズの結像倍率、歪曲がある。通常投影レンズは組立時に高い精度で調整しながら組み立てられるため、それら光学収差は一応設計値程度の値になっている。しかしながら実際の装置稼働時では、投影光学系を構成する各レンズが露光光（g線、i線、KrFエキシマレーザー等）のエネルギーの一部を吸収し、これによりレンズ内部に温度分布が生じてくる。

【0004】 そのことによりレンズ内部に屈折率の分布が生じ、更にレンズの面形状が変化してくる。従来よりその両方の原因により投影レンズの光学特性（像面湾曲、結像倍率、歪曲）が変化するという現象がかねてから指摘されていた。各露光光に対して透過率の高い硝材が開発されているとはいえ、最近では投影レンズのレンズ枚数が増えたり、投影レンズのNAが大きくなることによりレンズの口径が拡大する傾向がある。このため、この現象は更に懸念されている。又最近のLSIは構造が複雑になっており、段差の大きいプロセスも多用される傾向にあり、投影レンズの画角内での所定の深さの焦点深度の確保が重要になっている。

【0005】 更に各LSIの量産ラインではスループットを向上させる為にクリティカル層には高解像度のステッパを用い、非クリティカル層には解像度は低い画角の広い高スループットのステッパを用いる傾向が強くなってきている。一般に異なる機種でのMix & Match方式のプロセスに対応する為には投影レンズの倍率、歪曲等の変動は極力抑える必要がある。このように光学性能はステッパの装置性能の根幹をなすものの一つであり、極力それら性能変化を抑えるか、仮に変化が生じても何らかの補正手段を設けることが重要となっている。

【0006】 従来よりこの光学特性の変化を補正する手段として特開昭60-79357号公報、特開昭60-

79358号公報では投影レンズの室内に温度と圧力が所定の値に制御された気体を流す方法等を提案している。又特開平5-347239号公報では投影レンズの一つ以上のレンズの周辺部を加熱することによりレンズ内部の温度分布をなるべく均一のものにしようとする方法を提案している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】先の特開昭60-79357号公報や特開昭60-79358号公報では投影レンズの一つ以上のレンズ空間に空気を所定の温度で流している。しかしながら我々のシミュレーションでは一番温度の高いレンズ中心部の温度を2~3割下げても収差変化を所定の値まで抑えることが困難であった。レンズ内部の温度を空気の温度まで一律に下げることにより投影レンズの光学性能を所定の値に維持することはできるが、その実施はかなり難しい。仮にレンズ内部の温度を空気の温度まで一律に下げることができるとしても、例えば冷媒に液体を用いる等、装置の大きかりになる為、実施が大変困難である。

【0008】また、近年、クリーンルームの雰囲気中のある気体分子が露光光と光化学反応を起こし、その結果硫酸アンモニウム等の物質が生成され、照明光学系のレンズ表面に付着し、像面照度が低下するという問題が指摘されている。上記従来例ではHEPAフィルターを介しているとはいえ、空冷の対象が投影レンズであるため、レンズ空間に常時、空気供給源から空気の供給を受け、レンズが空気にさらされることになる。その結果、投影レンズのレンズ表面に上記物質が付着し、レンズの光学特性が変化してくる場合がある。その場合レンズクリーニングを行えば良いが、一般には容易でなく非常に大規模な分解、組み立て、再調整、等が必要になるという問題点が生じてくる。

【0009】特開平5-347239号公報では露光が行われると投影レンズの各レンズの温度分布は光軸近傍が高く、周辺部では低くなるという現象に注目してレンズ周辺部を強制的に加熱して温度分布を均一にしている。

【0010】しかし、この投影露光装置では投影レンズ内に熱がこもってしまうという現象が考えられる。従って、この熱を何らかの手段により散逸させなければならぬが、上記従来例はそのことについて十分開示していない。

【0011】本発明は、投影光学系を構成するレンズが露光光を吸収し、該レンズの温度分布が不均一となり、レンズ形状が変化し、又内部の屈折率分布が不均一となるのを効果的に補正し、光学特性を良好に維持し、高い解像力の投影パターン像が得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

(1-1) 本発明の投影露光装置は、第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影露光する投影露光装置において該投影光学系を構成する少なくとも1つのレンズ周辺部をリング状に加熱する加熱手段、該レンズ周辺部が所定温度となるように制御するレンズ温度制御手段、該投影光学系を構成するレンズに挟まれている複数のレンズ空間に気体を供給及び排気させる気体供給排気手段、そして該気体が所定温度となるように制御する気体温度制御手段とを設け、該レンズ温度制御手段と該気体温度制御手段による温度制御を予め設定した所定温度となるように連動して作動させたことを特徴としている。

【0013】特に、前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給させる気体供給手段と気体を排気させる気体排気手段とをダクトで連結させ、該レンズ空間を介して密閉系内で該気体を循環させていることや、前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給する供給口と気体を排気させる排気口に各々気体の流れを層流にする層流手段を有していること、そして前記気体は空気、 N_2 、 CO_2 であること等を特徴としている。

【0014】(1-2) 本発明の半導体デバイスの製造方法は、レチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該投影光学系を構成する少なくとも1つのレンズ周辺部を加熱手段によりリング状に加熱し、このとき該レンズ周辺部が所定温度となるようにレンズ温度制御手段により制御し、該投影光学系を構成するレンズに挟まれている複数のレンズ空間に気体供給排気手段により気体を供給及び排気させ、このとき該気体が所定温度となるように気体温度制御手段により制御する際、該レンズ温度制御手段と該気体温度制御手段による温度制御を予め設定した所定温度となるように連動して作動する工程を利用していることを特徴としている。

【0015】特に、前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給させる気体供給手段と気体を排気させる気体排気手段とをダクトで連結させ、該レンズ空間を介して密閉系内で該気体を循環させていることや、前記気体供給排気手段はレンズ空間内に気体を供給する供給口と気体を排気させる排気口に各々気体の流れを層流にする層流手段を有していること、そして前記気体は空気、 N_2 、 CO_2 であること等を特徴としている。

【0016】

【実施例】図1は本発明の投影露光装置の実施例1の要部概略図、図2、図3は図1の一部分の説明図である。同図において51はレチクルであり、その面上には電子回路パターンが形成されている。51aはレチクルステージであり、レチクル51を吸着保持している。50は照明系であり、光源手段として例えばエキシマレーザ、又は超高圧水銀灯そしてマスキング装置等を有し、レチ

クル51面上の電子回路パターンを露光光で均一な照度分布で照明している。

【0017】PLは投影光学系（投影レンズ）であり、照明系50からの露光光で照明されたレチクル51面上の電子回路パターンを所定倍率（例えば1/5又は1/10）でウエハ27面上に投影している。ウエハ27はその面上にレジスト等の感光材料が塗布されている。28はウエハチャックであり、ウエハ27を吸着保持している。29はウエハステージであり、ウエハ27をXYZ方向、及び θ 、チルト駆動が可能である。

【0018】2は投影レンズ鏡筒、9~14は各々投影レンズPLを構成する各レンズ、3~8はレンズ9~14を収納、保持するレンズ枠である。35~40は夫々のレンズによって形成されるレンズ空間である。本実施例では予め露光時の各レンズの露光光のエネルギー吸収による温度分布、形状変形を計算し、投影レンズPLの像面湾曲変動、倍率変動、歪曲変動に特に寄与の大きいレンズを求めている。

【0019】本実施例では便宜上そのレンズを10と13としている。従って本実施例においては気体を流入させるレンズ空間をレンズ空間35、36、38、39としている。そしてレンズ周辺部を暖める加熱手段はレンズ枠4と7に設けている。18は気体供給手段であり、レンズ空間35、36、38、39に気体（空気、N₂、CO₂）を流入させており、このとき予め夫々のレンズ空間に単位時間あたり一定流量の気体が流入するように調整している。19は熱交換手段であり、気体供給手段18から送られてきた気体を所定の温度に調整している。20はHEPAフィルター（High Efficiency Particulate Air filter）であり、熱交換手段19から送られてきた気体の塵埃を取り除いている。

【0020】17は温度計であり、HEPAフィルター20を通過してきた気体の温度を計測している。21は気体温度制御手段（温度制御手段A）であり、温度計17による計測結果を基に気体が所定の温度になるように熱交換手段19を制御している。気体の温度制御の精度は例えば $\pm 3/100^\circ\text{C}$ である。15は供給配管であり、温度制御された気体をレンズ空間に送り込んでいる。16は排気配管であり、レンズ空間35、36、38、39を通過し、レンズ10、13を冷やしてきた気体を回収している。22は気体排気手段であり、排気配管16により気体を回収しており、単位時間あたり一定量の気体が排気されるようになっている。気体供給手段18と気体排気手段22は気体供給排気手段の一要素を構成している。1は循環配管（ダクト）であり、気体排気手段22によって回収された気体を再び気体供給手段18に送っている。

【0021】本実施例では循環配管1により気体がレンズ空間35、36、38、39を介し、常に閉じた系内を循環するようにしており、これにより投影光学系PL

のレンズ表面に透過率低下の原因になる物質が付着しないようにしている。23は加熱手段の一要素としての電流供給手段であり、レンズ10、13内部の温度分布をフラットにする為にレンズ枠4、7のヒーターに電流を供給している。

【0022】24はレンズ温度制御手段（温度制御手段B）でありレンズ枠4、7に埋め込まれた温度計（不図示）の計測結果を基に所定の温度になるように電流供給手段23を制御している。尚レンズ枠4、7は後述する図でその詳細を示している。31はステージ駆動手段であり、ウエハ27を所定の位置に位置決めするための制御手段である。25、26、30は投影レンズPL下でウエハ27の高さを計測する為の公知の焦点位置検出システムであり、このうち26は投光光学系、25は受光光学系である。投光光学系26から発した光はウエハ27面を低い入射角で入射し、ウエハ27面上で反射し、受光光学系25に入射する。その入射位置を焦点位置制御手段30によりウエハ27の面の高さを所定の位置になるようにステージ駆動手段31に指令を出している。

【0023】33は演算手段であり、タイマー32と連動してメモリ34に記憶された値を基にして各露光プロセス毎に気体温度、レンズ周辺温度の温度制御の目標値を計算し、それらを温度制御手段A21、温度制御手段B24に送っている。同様に演算手段33はタイマー32と連動してメモリ34に記憶された値を基にして焦点位置制御手段30に目標値を出している。

【0024】図2は図1のレンズ10近傍の概略図である。同図において45はレンズ枠リングであり、レンズ枠4を構成する主要な部材でレンズ周辺部の加熱による熱膨張を抑える為低熱膨張材を用いている。43はリング状のヒーターであり、レンズ周辺部を暖めている。

【0025】42はリング部材であり、ヒーター43からの熱をレンズに伝える為に熱伝導率の良い部材より成り、ヒーター43に密着している。44は温度計でありレンズの周辺温度を計測する為にレンズに接触している。41は押え環であり、ヒーター43、リング部材42をレンズ枠リング45に固定しており、低熱膨張材で構成している。レンズ10は図のように流入気体により表面が冷やされつつ且つレンズ周辺をヒーター43で暖めており、これによりその温度分布が図8のプロファイル81のようにフラットなものになっている。

【0026】図3は図1のレンズ10近傍の平面図を示しており、特に供給配管15と排気配管16のレンズ空間流入付近を示している。

【0027】同図に示すように供給配管15と排気配管16はレンズ空間付近で二股に分かれている。52は鏡筒であり、供給配管15、排気配管16の配管の為に穴を開けている。更に気体流入口（気体供給口）と気体排気口にはレンズ空間内の気体の流れを層流に制御し、まんべんなく冷却気体を流入させ、回収する為に開口率3

0~40%程度のパンチングプレート(層流手段)60~63を設けている。

【0028】本実施例において鏡筒52が側面にある程度大きな穴を開けることができるような構造であれば、図9のような構成も可能である。

【0029】図9において64はこの場合の鏡筒であり、65はこの場合の供給配管、66はこの場合の排気配管である。そして気体流入口、気体排気口には図3と同様にしてパンチングプレート67、68を取り付けている。このように流入口と排気口にパンチングプレート等の流れを層流にする層流手段を設けることにより仮にレンズ空間内にパーティクルが流入しても、あるいはレンズ空間内でパーティクルが発生しても気体の流れが層流である為、速やかにレンズ空間の外に排出されるようにしている。

【0030】尚本実施例ではレンズ内部の温度分布をフラットにするレンズは10と13の2枚のレンズとしたが、投影レンズPLの種類により対象とするレンズの枚数は一定したものではない。

【0031】次に本実施例の動作を図4のフローチャートを用いて説明する前に本発明の基本的な構成要件の特徴について説明する。

【0032】本発明の投影露光装置においては、露光時、各レンズが露光光の一部を吸収することによりレンズ内にレンズ中心付近は高く、レンズ周辺部が低いという温度分布が生ずる。我々のシミュレーションでは光学性能の変化という視点で考えるとレンズ内の温度の絶対値を下げるよりもその分布の傾きをなるべくフラットにした方が、つまりレンズ中心の温度を下げてレンズ周辺の温度を上げる方が投影レンズの収差変化が穏やかで、その程度も少ないという結論が得られている。

【0033】図8はレンズ内の半径方向の温度分布の説明図である。図8を説明すると装置が露光を開始してから熱的に平衡状態になるとレンズ内の温度分布は曲線80のようになる。この状態でレンズ空間に空冷の為のエア(空気)を流すと曲線82の温度分布のようになる。更にレンズの温度分布の傾きをフラットにする為にレンズに空気を流しつつ、それと同時にレンズの周辺に若干熱を加えた場合の温度分布のプロファイルは曲線81のようになる。この時曲線81の温度の絶対値は曲線82の温度より高いにも関わらず、投影レンズの光学性能の変化は曲線82の場合よりも曲線81の場合の方が少なく、且つその収差は良性であるという事実がシミュレーションにより得られている。

【0034】本発明ではこのような根拠に基づき、露光光の吸収により生じたレンズ内部の温度分布をなるべく傾きが少なくなるように温度制御する為、ある特定のレンズに対し、そのレンズ間隔の空間に所定の温度に制御された気体を流し、且つそれと同時にそのレンズの周辺部が所定の温度になるように熱を加え、夫々の温度を独

立に制御している。

【0035】実際には以下の手段をとる。予め露光時の各レンズのエネルギー吸収による温度分布、形状変形を、実験、シミュレーションにより求めておき、投影レンズの像面湾曲変動、倍率変動等の収差の各レンズの寄与分を計算しておく。その結果に基づき収差変動に大きく寄与するレンズを特定する。そのレンズは投影レンズの種類、照明方法等によって1枚の場合もあれば複数の場合もある。そのレンズにおいてレンズの周辺部をリング状に加熱する加熱手段とレンズの周辺部の温度を計測する計測手段と計測値に基づいてレンズ周辺部を所定の温度に制御するレンズ温度制御手段とを設ける。

【0036】更に対象とするレンズのレンズ間隔の空間に気体を流入させ排気する基体供給排気手段と、流入させる気体の温度を計測する計測手段と計測値に基づいて気体を所定の温度に制御する気体温度制御手段とを設けている。実際の露光の際は、レンズ内部の温度分布をなるべくフラットにする為にレチクル透過率、露光エネルギー、1ショット当たりの露光時間等の露光プロセスパラメータと予め計算、実験により求めておいた制御値により上記のレンズ周辺の温度とレンズ空間内に流入させる気体の温度を連動させて同時に制御している。又流入、排気する気体は気体供給手段と気体排気手段をダクトでつなぐことにより常にレンズ空間を介して閉じた系内を循環するようにしている。更にレンズ空間内に流入させる気体は空気以外にも N_2 、 CO_2 のような不活性な気体を用いることも可能である。

【0037】このような手段をとることにより投影光学系のレンズ表面に透過率低下の原因になる物質を付着させることなく、装置の重ね合わせ精度に影響を及ぼす一要因である露光時のレンズの露光光のエネルギー吸収による投影レンズの倍率変動、歪曲変動を効果的に抑制し、重ね合わせ精度の向上を図ることのできる投影露光装置を提供している。又同時に投影レンズの像面湾曲変動も効果的に抑えることができる為、段差の多いプロセスにおいてもレンズ画角内で焦点深度を十分長く確保している。次に本発明の動作を図4のフローチャートを用いて説明する。

【0038】まず照明系内の超高圧水銀ランプが点灯する(100)。次に気体供給手段18と気体排気手段22が動作を開始し、レンズ空間35、36、38、39に所定の気体が送り込まれる(101)。送り込まれた気体は気体排気手段22により回収され、以後閉じた系内を循環し、常に清浄な状態を保ち、レンズ10、13の温度をコントロールしている。この時の流入気体の温度 T_{0gas} (初期温度)とレンズ周辺部温度 T_{0lens} はまだ露光が開始されていない為装置のチャンバー内温度である標準温度に制御される(102)。次にウエハ27は焦点位置制御手段30、ステージ駆動手段31により予めメモリ34に記憶された初期焦点位置 Z_{0stg} にセット

9

される(104)。露光回数カウンタ ΔN を0にセットする(105)。

【0039】次にウエハがグローバルアライメントされ、ウエハが第1ショット座標にアライメントされる(106, 107)。ここで露光に先立ち、現在の露光プロセスにおける露光エネルギー E_{expo} 、レチクル透過率 R_{rcl} 、露光時間 T_{expo} と現在までの露光回数カウンタ ΔN (この時点では0)の積がある一定値よりも大きい小さいかという診断をする(108)。これは投影レンズに蓄積された露光エネルギーが投影レンズの光学特性に影響を与え流入気体温度 T_{gas} 、レンズ周辺温度 T_{lens} を制御する必要があるかどうかの判断を下すためのものである(この時点では当然ながら制御の必要なし)。この診断ステップ108が終了し、露光回数カウンタ ΔN に1を加え(112)、照明系内にあるシャッターが開き(113)、シャッターが閉じることによって(114)第1ショットの露光が完了する。

【0040】次にステージ29が第2ショットの為にグローバルアライメントの計測値に従って所定の座標に移動する(107)。診断ステップ108を経て露光回数カウンタ ΔN の値を2にし(112)、シャッター開閉の動作(113, 114)により第2ショットの露光が終了する。これら一連の動作が何回か繰り返されると次第に投影レンズに露光光のエネルギーの一部が蓄積され光学特性が変化してくる。診断ステップ108に従って $E \cdot R \cdot T \cdot \Delta N$ の値がある一定値以上になった場合、露光に先立ち光学性能補正動作に入る。つまり気体の温度を制御する温度制御手段A21とレンズ周辺の温度を制御する温度制御手段B24によりレンズ10, 13内部の温度分布がフラットになるように、気体温度 T_{gas} とレンズ周辺温度 T_{lens} が所定の値に制御される(109)。

【0041】しかしこの制御は投影レンズの倍率、歪曲、像面湾曲の変動を抑えるには有効であるが、焦点位置変動には追従できないため、焦点位置制御手段30により所定の高さ Z_{stg} にウエハ27が制御される(110)。これらの3つの制御指令値 T_{gas} 、 T_{lens} 、 Z_{stg} は各露光プロセスで異なってくるが、予めシミュレーション、実験により光学特性変化に対する係数としてメモリ34により記憶されているため演算手段33によりその露光プロセス毎に計算されてそれら制御手段21, 24, 30に送られる。これら3つの制御が終了すると露光回数カウンタが0にリセットされ(111)、再び通常の露光動作に入っていく(112, 113, 114)。

【0042】これら一連の動作を繰り返しながら投影レンズは常に良好な光学特性を維持しつつ、露光動作が進む。全ショットの露光が終了する(115)とウエハが交換され(116)、再びウエハアライメント106のステップに戻り、2枚目のウエハの露光動作が開始さ

10

れ、以後同様な動作を繰り返す。

【0043】本実施例ではこのような比較的簡易な構成をとることにより投影光学系のレンズ表面に透過率低下の原因になる物質を付着させることなく、装置の重ね合わせ精度に影響を及ぼす一要因である露光時のレンズの露光光のエネルギー吸収による投影レンズの倍率変動、歪曲変動を効果的に抑制し、重ね合わせ精度の向上をはかることのできる投影露光装置を提供している。又同時に投影レンズの像面湾曲変動も効果的に抑えることができるため、段差の多いプロセスにおいてもレンズ画角内で必要な焦点深度を確保することができるという効果をj得ている。

【0044】図5は本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図、図6、図7は図5の一部分の説明図である。本実施例は予め露光時の各レンズの露光光のエネルギー吸収による温度分布、形状変形を計算した結果、投影レンズの像面湾曲変動、倍率変動等の光学特性変化が各レンズでほぼ同等である場合に好適なものである。

【0045】本実施例は図1の実施例1に比べて大きく異なる部分はレンズ周辺の加熱手段に光を用いたことである。尚図5において図1の実施例1と同じ部材については同一の番号を付している。

【0046】図5において92, 93は各々45°に傾けた45°ミラーである。90, 91はリング照明部であり、45°ミラー92, 93を介して投影レンズPLの各レンズの周辺部をリング状に照明している。従ってリング照明部90, 91から発した照明光は45°ミラー92, 93で方向が90°変えられ、投影レンズPLの周辺部のみを透過しながらウエハ27に達する。又このリング照明部90, 91はハロゲンランプと照明用の光学系から構成されており、予め露光光付近の波長の光はフィルターによって除去しており、これによりウエハ27に塗布されたレジストには感光しないようにしている。

【0047】又図5ではこのリング照明部90, 91と45°ミラー92, 93は2組しか図示していないが、実際は投影レンズPLの周辺部を照明できるように4つのリング照明部と45°ミラーが配置されている。又このレンズ周辺の加熱手段は投影レンズPLの全レンズに効いてくるため、全てのレンズ空間35~40に冷却気体を流入する必要がある、図のように供給配管15aと排気配管16aを設けている。温度制御手段B24は投影レンズのPLの各レンズ全てについてその温度をモニターしており、予め計算、実験により求めておいた制御値に基づきリング照明部90, 91の電流供給手段23aをコントロールすることにより最適なハロゲンランプの強度を調整し、各レンズ内部の温度分布がフラットになるようにしている。

【0048】図6は図5のリング照明部、45°ミラーの配置を投影レンズPLの上方から見た平面図である。

この図においてリング照明部と45°ミラーは90と92, 93と91, 94と96, 95と97の4組配置されており、投影レンズPLを照明している。もちろんこの組み合わせ数は4組にとどまらず、6組でも8組でも良く、多い方がより均等にレンズをリング状に照明できる。

【0049】図7は実施例1の図2に対応する図であり、レンズ枠4を表している。図中45aはレンズ枠リングであり、レンズ枠を構成する主要な部材でレンズの周辺温度を計測するための温度計に接触している。

【0050】本実施例ではレンズ周辺の加熱手段に光を用いたリング照明を用いるため、レンズ枠は実施例1のような複雑な構成をとる必要がなく、簡単な構成で済むという特長がある。レンズ10は図のように流入気体により表面が冷やされつつ、且つ周辺を非露光光で暖められるため、その温度分布は図8のプロファイル81のようにフラットなものになる。又本実施例に基づいた装置の動作はほぼ実施例1の動作に準じており、変更があるのはリング照明部への制御指令値のみである。

【0051】本実施例のような構成をとることにより露光光の吸収による投影レンズの光学特性変化に対する各レンズの効き率が同じ程度である場合、全レンズの内部温度分布を一括して制御できるため、容易に投影レンズの光学特性変動を抑えることができる。又レンズ枠の内部にヒーターを埋め込む必要がないため、鏡筒の熱膨張を考慮する必要がなく、又レンズ枠の構成が簡単であるため従来と同じ方法で投影レンズを組立、調整できる等の利点がある。

【0052】以上説明した本発明の投影露光装置の実施例1, 2において二つの実施例の使い分け方法としては投影レンズ毎で異なり、予め計算により投影レンズの光学特性変化に対する各レンズの寄与分を計算しておき、その結果、特定レンズに片寄っている場合は実施例1を用い、寄与分が比較的各レンズで同じ程度である場合は実施例2を用いるのが良い。

【0053】次に上記説明した露光装置を利用した半導体デバイス（半導体素子）の製造方法の実施例を説明する。

【0054】図10は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0055】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0056】次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導

体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0057】図11は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0058】ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0059】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0060】

【発明の効果】本発明によれば以上のような構成をとることにより、投影光学系を構成するレンズが露光光を吸収した場合でも、その収差変化を効果的に補正し、光学特性を良好に維持し、高い解像力の投影パターン像が得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を達成している。

【0061】特に本発明によれば予め露光時の各レンズの露光光エネルギー吸収による温度分布、形状変形を計算しておき、投影レンズの光学特性の変動に対する各レンズの寄与分を計算しておきその結果を基に一つ以上レンズにおいてレンズ周辺部を所定の温度にリング状に加熱し、それらレンズのレンズ空間に所定の温度の気体を流入、排気しこの2つの温度を連動させて制御することにより、レンズ内部の温度分布を常にフラットに保つことが可能となり、装置の重ね合わせ精度に影響を及ぼす一要因である、露光時のレンズの露光光のエネルギー吸収による投影レンズの倍率変動、歪曲変動を抑制し、重ね合わせ精度の向上を図ることのできる投影露光装置を提供することができる。

【0062】又同時に投影レンズの像面湾曲変動も効果的に抑えることができるため、段差の多いプロセスにおいてもレンズ面角内で必要な焦点深度を確保することができる。又冷却する気体は閉じた系内を循環するため、露光光と雰囲気中のある分子の光化学反応による反応物質生成を抑えることができるため、投影光学系のレンズ

表面に透過率現象の原因となる物質の付着を防ぐことができる等の効果を有した投影露光装置を達成している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の投影露光装置の実施例1の要部概略図

【図2】 図1の一部分の説明図

【図3】 図1の一部分の説明図

【図4】 本発明の投影露光装置の実施例1のフローチャート

【図5】 本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図

【図6】 図5の一部分の説明図

【図7】 図5の一部分の説明図

【図8】 レンズ内部の温度分布を説明するための説明図

【図9】 図3の一部を変形した説明図

【図10】 本発明の半導体デバイスの製造方法の要部ブロック図

【図11】 本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

【符号の説明】

PL 投影レンズ

9～14 レンズ

35～40 レンズ空間

3～8 レンズ枠

50 照明系

1 循環配管

2 レンズ鏡筒

51 レチクル

18 気体供給手段

19 熱交換手段

21 温度制御手段A

20 HEPAフィルター

22 気体排気手段

23, 23a 電流供給手段

24 温度制御手段B

27 ウエハ

26 投光光学系

25 受光光学系

30 焦点位置制御手段

31 ステージ駆動手段

33 演算手段

43 ヒーター

52, 64 流入口、排気口のついた鏡

20 44, 44a レンズ温度計

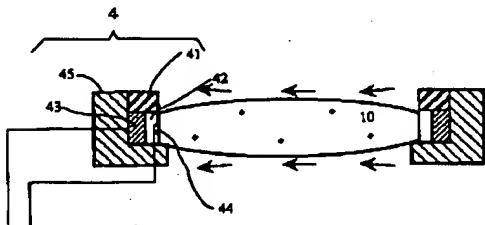
45, 45a レンズ枠リング

60～63, 67, 68 パンチングプレート

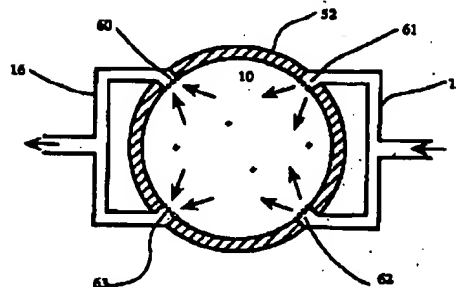
90, 91, 96, 97 リング照明部

92～95 45° ミラー

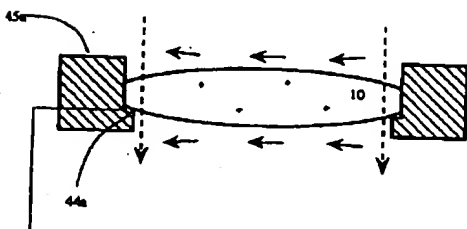
【図2】



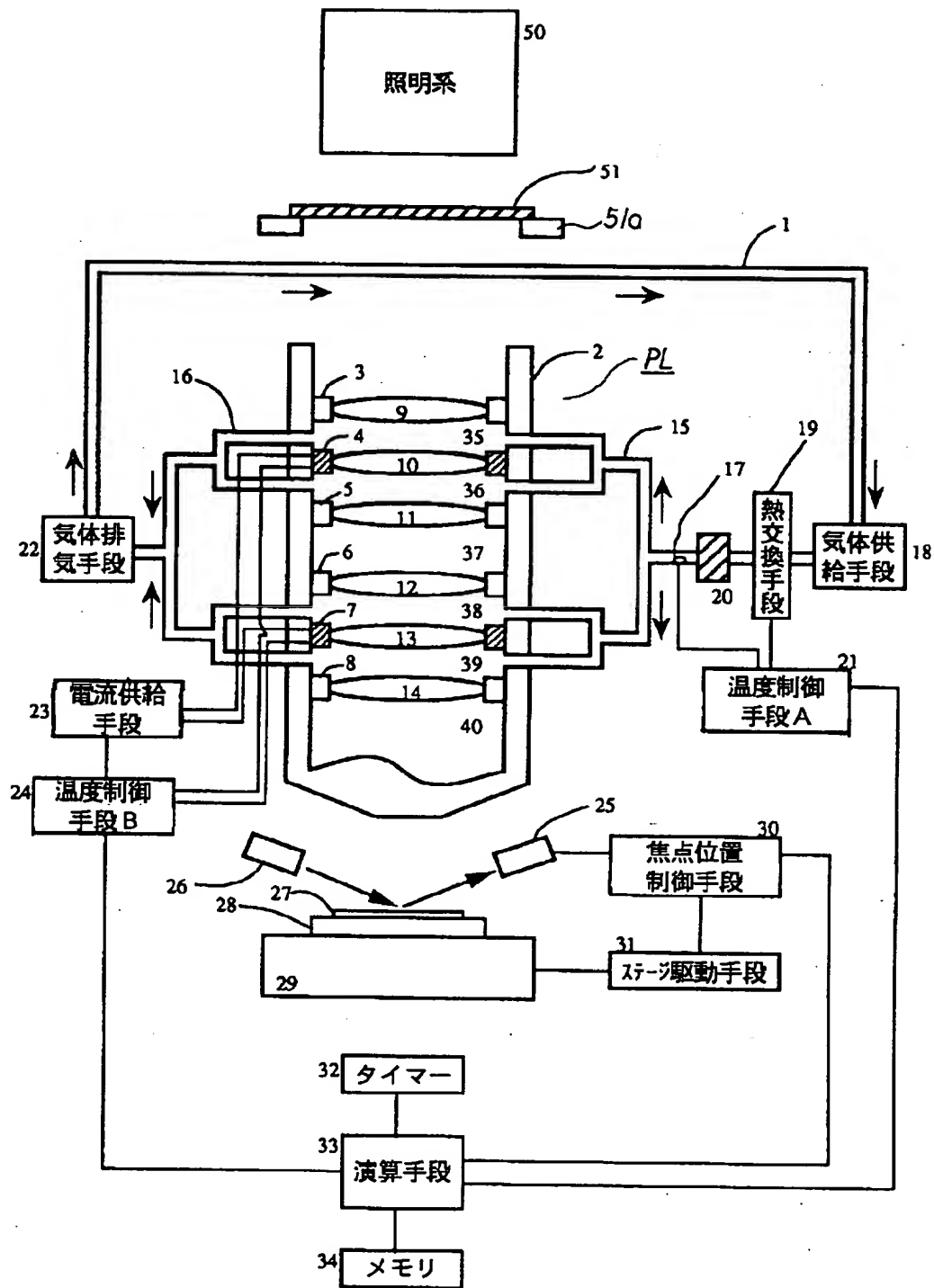
【図3】



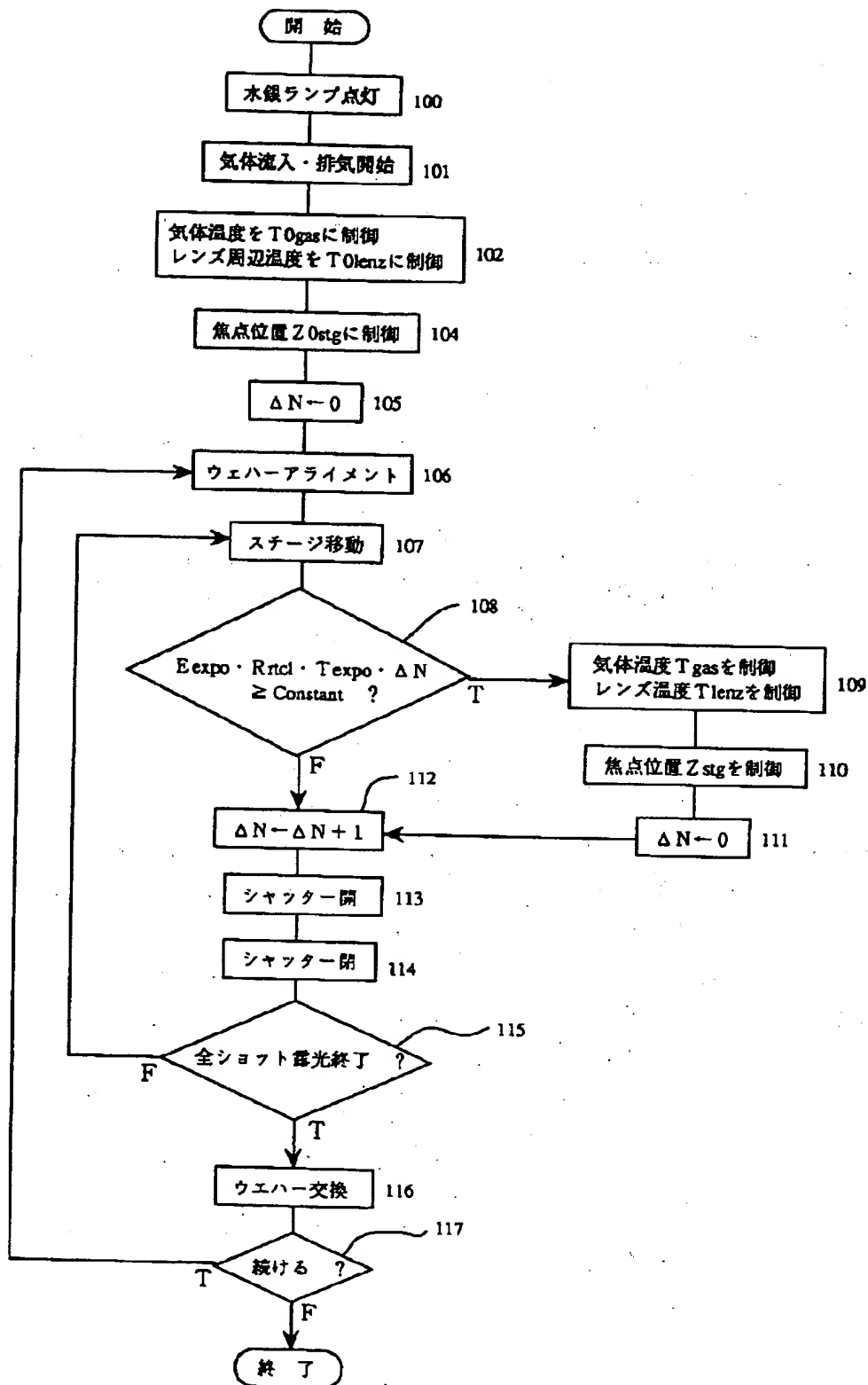
【図7】



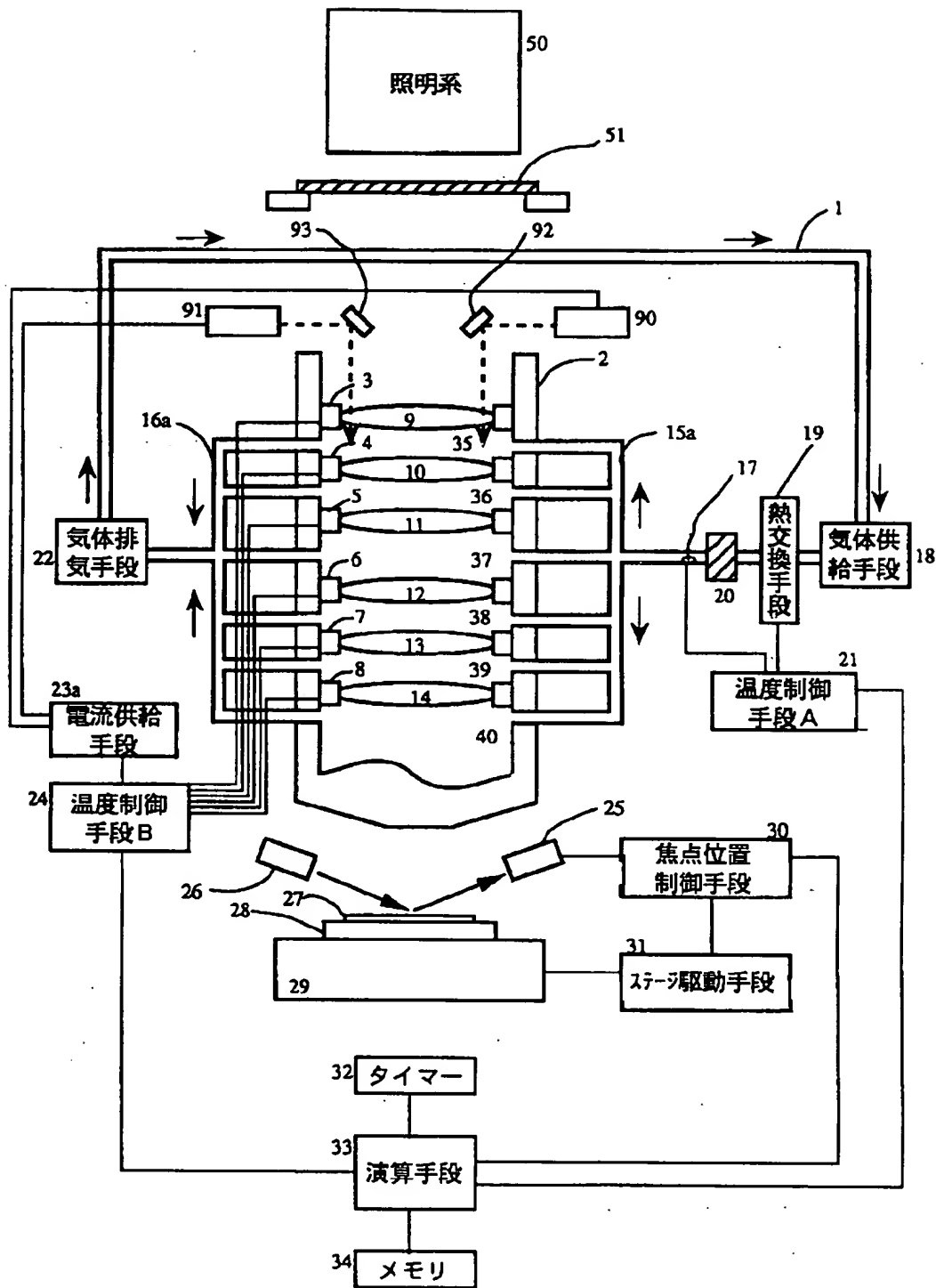
【図 1】



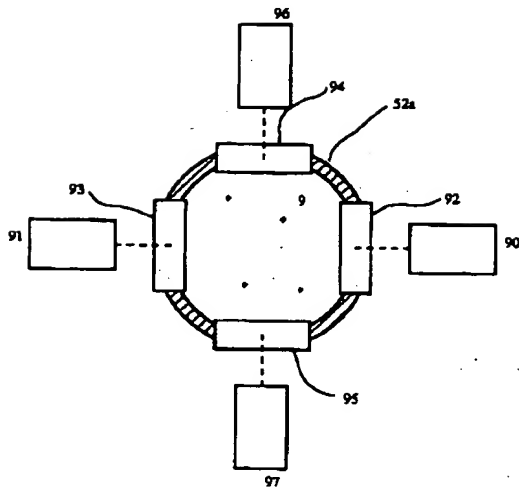
【図4】



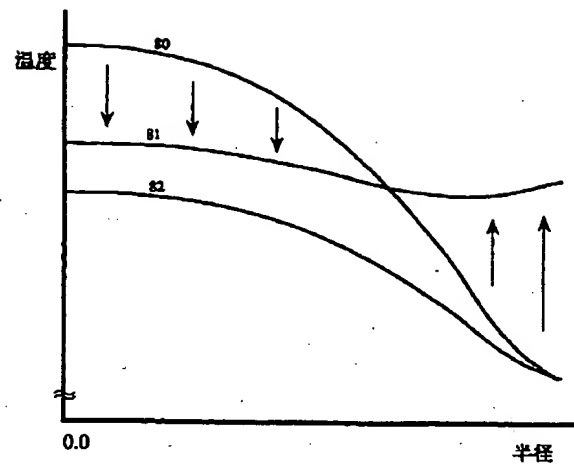
【図5】



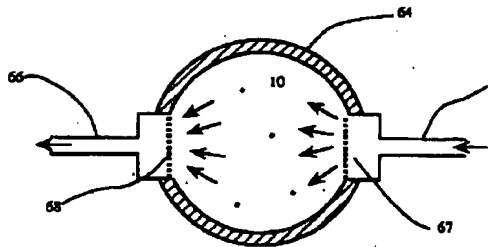
【図6】



【図8】

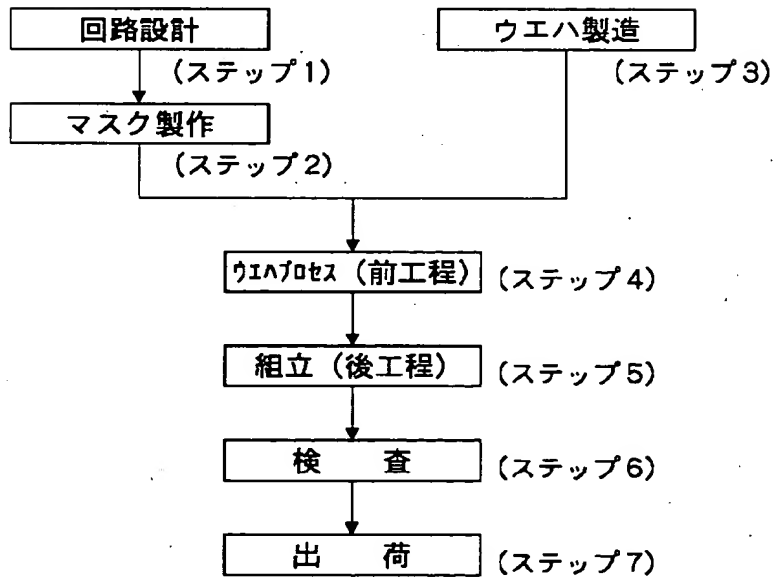


【図9】

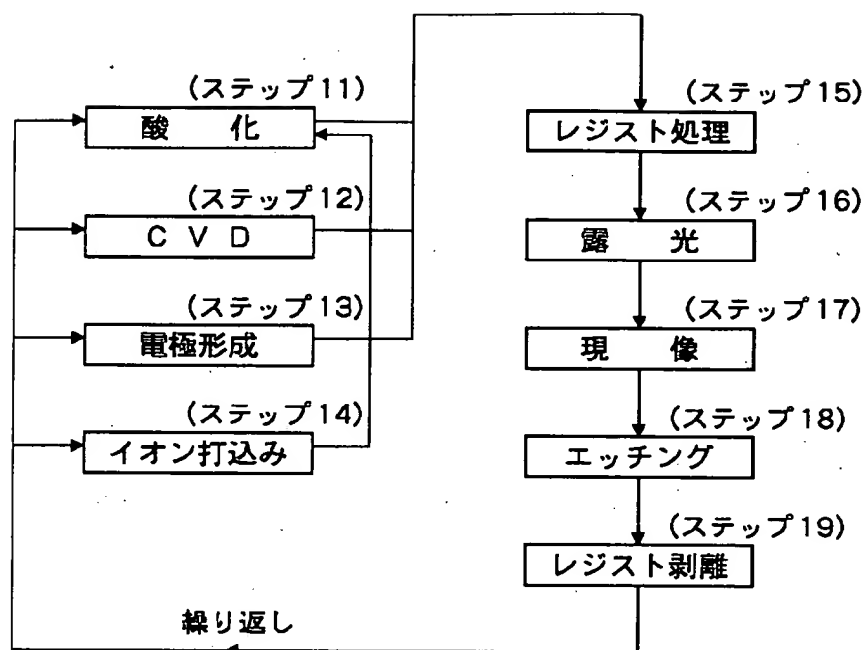


18/

【図10】



【図11】



THIS PAGE BLANK (USPTO)